PART2　ルシャトリエの原理

目標　・ルシャトリエの原理を理解し，どちらに平衡移動するか判断できるようになろう！

Chapter1　ルシャトリエの原理

要点

ルシャトリエの原理

化学反応が平衡状態にあるとき，平衡を支配する因子（温度・濃度・圧力）を変化させると，その影響を緩和する方向へ平衡が移動する。

◆ 平衡移動　重要

化学反応が平衡状態にあるとき，条件を変えると，正反応もしくは逆反応が進行し，新しい平衡状態になることが多い。これを**平衡移動**という。

◆ ルシャトリエの原理　重要

平衡移動と条件の間には，以下に示す**ルシャトリエの原理**（または平衡移動の原理）が成立する。

「化学反応が平衡状態にあるとき，平衡を支配する因子（温度・濃度・圧力）を変化させると，その影響を緩和する方向へ平衡が移動する」

温度・濃度・圧力以外の条件では平衡移動は起こらないことに気をつけよう。

例　触媒を加える

触媒を加えると活性化エネルギーが低くなり，反応速度は大きくなる。しかし，活性化エネルギーは平衡移動の条件ではないため，平衡は移動しない。

まとめ

・ルシャトリエの原理

化学反応が平衡状態にあるとき，（　　　　）・（　　　　）・（　　　　）を変化させると，その影響を緩和する方向へ平衡が移動する。

Chapter2　温度変化と平衡移動

要点

温度変化と平衡移動

温度を上げる → 吸熱方向へ平衡移動

温度を下げる → 発熱方向へ平衡移動

◆ 温度変化と平衡移動　重要

ルシャトリエの原理を使って，温度変化と平衡移動の関係を考えてみよう。

温度を上げる

温度を上げると，その影響を緩和する方向，すなわち温度が下がる方向（吸熱方向）に平衡が移動する。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，温度を上げた（その他の条件は不変）。

平衡は「右向き」「左向き」のどちらに移動するか。

$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 \quad \Delta H = -92\text{kJ}$

考え方

温度を上げると吸熱方向に平衡が移動する。この反応は右向きが発熱であるため，吸熱方向は左向きである。

温度を下げる

温度を下げると，その影響を緩和する方向，すなわち温度が上がる方向（発熱方向）に平衡が移動する。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，温度を下げた（その他の条件は不変）。

NO_2 は増加するか，減少するか。

$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2 \quad \Delta H = 57\text{kJ}$

考え方

温度を下げると発熱方向に平衡が移動する。この反応は右向きが吸熱であるため，発熱方向は左向きである。よって，NO_2 は減少する。

まとめ

・平衡が移動する方向

温度を上げる → (　　　　　) 方向

温度を下げる → (　　　　　) 方向

Chapter3　濃度変化と平衡移動

要点

濃度変化と平衡移動

物質 A の濃度を上げる → 物質 A が減少する方向へ平衡移動

物質 A の濃度を下げる → 物質 A が増加する方向へ平衡移動

◆ 濃度変化と平衡移動 **重要**

ルシャトリエの原理を使って，濃度変化と平衡移動の関係を考えてみよう。

物質 A の濃度を上げる

ある特定の物質（以下，物質 A とする）の濃度を上げると，その影響を緩和する方向，すなわち物質 A が減少する方向に平衡が移動する。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，N_2 を加えた（その他の条件は不変）。

平衡は「右向き」「左向き」のどちらに移動するか。

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

考え方

N_2 の濃度を上げたことになるので，N_2 が減少する方向に平衡が移動する。すなわち右向きである。

物質Ａの濃度を下げる

物質Ａの濃度を下げると，その影響を緩和する方向，すなわち物質Ａが増加する方向に平衡が移動する。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，塩化水素を中和点に達しない程度に加えた（その他の条件は不変）。

平衡は「右向き」「左向き」のどちらに移動するか。

$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

考え方

塩化水素が電離して生じた H^+ と OH^- が反応するため，OH^- の濃度を下げたことになる。よって，OH^- が増加する方向，すなわち右向きに平衡が移動する。

まとめ

・平衡が移動する方向

物質Ａの濃度を上げる → 物質Ａが（　　　　　　　）方向

物質Ａの濃度を下げる → 物質Ａが（　　　　　　　）方向

Chapter4　圧力変化と平衡移動

要点

圧力変化と平衡移動

気体反応において

圧力を上げる → 物質量が減少する方向へ平衡移動

圧力を下げる → 物質量が増加する方向へ平衡移動

◆ 圧力変化と平衡移動　重要

ルシャトリエの原理を使って，気体の反応における圧力変化と平衡移動の関係を考えてみよう。

圧力を上げる

気体反応において，圧力を上げると，その影響を緩和する方向，すなわち圧力が下がる方向に平衡が移動する。圧力が下がる方向とは，気体の物質量が減少する方向である。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，圧力を上げた（その他の条件は不変）。平衡は「右向き」「左向き」のどちらに移動するか。

$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

考え方

圧力を上げると物質量が減少する方向に平衡が移動する。左辺の係数の和は 4，右辺の係数の和は 2 であるため，物質量が減少する方向は右向きである。

圧力を下げる

気体反応において，圧力を下げると，その影響を緩和する方向，すなわち圧力が上がる方向に平衡が移動する。圧力が上がる方向とは，気体の物質量が増加する方向である。

例題

次の反応が平衡状態にあるとき，圧力を下げた（その他の条件は不変）。平衡は「右向き」「左向き」のどちらに移動するか。

C(固) + H_2O(気) $\rightleftarrows$ H_2(気) + CO(気)

考え方

圧力を下げると物質量が増加する方向に平衡が移動する。両辺とも係数の和が 2 であるため，平衡は移動しないよう思えるが注意が必要である。「C(固)」は固体なので，圧力には関与しない。そのため，左辺の係数の和は 1 と考える。よって，物質量が増加する方向は右向きである。

まとめ

・平衡が移動する方向

圧力を上げる → 物質量が（　　　　　　）方向

圧力を下げる → 物質量が（　　　　　　）方向

Chapter5　演習問題

問　次の反応が平衡状態になっているとき，次の（　　）内の操作をおこなうと，平衡はどちらに移動するか。「右向き」「左向き」「移動しない」のいずれかで答えよ。ただし，（　　）内の操作以外の条件は変えていないものとする。

(1)　$2SO_2$(気) ＋ O_2(気) $\rightleftarrows$ $2SO_3$(気)　$\Delta H = -197$ kJ（温度を上げる）

(2)　C(固) ＋ H_2O(気) $\rightleftarrows$ H_2(気) ＋ CO(気)　（C(固)を少量加える）

(3)　$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$　（体積一定で Ne を加える）

(4)　$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$　（圧力一定で Ne を加える）

第 8 講　PART2　確認問題

問 1　次の(1)~(7)の反応が平衡状態になっているとき，(　　) 内の操作をおこなうと，平衡はどちらに移動するか。最も適当なものを，それぞれ後の①~③のうちから一つ選べ。ただし，(　　) 内の操作以外の条件は変えていないものとする。

(1)　$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$　　$\Delta H = 57kJ$　　(温度を上げる)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

(2)　$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$　　(HI を加える)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

(3)　$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$　　(NaOH を加える)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

(4)　$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$(気)　　(加圧する)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

(5)　$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$(気)　　(体積一定で Ar を加える)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

(6)　$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$(気)　　(圧力一定で Ar を加える)
① 右向き　　② 左向き
③ 移動しない

⑺ $2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$(気)　（触媒を加える）

① 右向き　② 左向き

③ 移動しない

第８講　化学平衡

PART1　平衡定数

問　2.4 mol

PART2　ルシャトリエの原理

問　⑴　左向き
⑵　移動しない
⑶　移動しない
⑷　左向き

PART3　工業的製法とルシャトリエの原理

問　⑴　発熱反応
⑵　③

PART4　水のイオン積・強酸強塩基のpH

問　12.7

PART5　弱酸・弱塩基の電離平衡

問　⑴　2.8
⑵　11

PART6　緩衝液・塩の加水分解

問　4.6

PART7　電離平衡の問題演習

Chapter2

問　3.0

Chapter3

問　4.6

Chapter4

問　⑴　2.8

⑵　4.6

⑶　加水分解 $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$により水酸化物イオンを生じるため

PART8　溶解度積

問　⑴　$1.7 \times 10^{-10}(mol/L)^2$

⑵　小さくなる

PART9　溶解度積の応用

問　生じていない

第 8 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
温度を上げると吸熱方向に平衡が移動する。この反応は右向きが吸熱反応であるため，平衡は右向きに移動する。

(2)　②

解説：
HI の濃度を上げたことになるので，HI が減少する方向，すなわち左向きに平衡が移動する。

(3)　②

解説：
NaOH は水中で電離するため，OH^-を加えたことになる。よって，OH^-が減少する方向，すなわち左向きに平衡が移動する。

(4)　①

解説：
加圧すると物質量が減少する方向に平衡が移動する。左辺の係数の和は 3，右辺の係数の和は 2 であるため，平衡は物質量が減少する右向きに移動する。

(5)　③

解説：
Ar は反応に関与しないので，体積一定で Ar を加えても，Ar の分だけ全圧が増えるだけである。つまり，SO_2，O_2，SO_3 の分圧は変化しないので，平衡は移動しない。

⑹　②

解説：
圧力一定で Ar を加えると，Ar の分だけ SO_2 と O_2 と SO_3 の分圧の合計が小さくなる。よって，平衡は物質量が増加する左向きに移動する。

⑺　③

解説：
触媒を加えると活性化エネルギーが低くなり，反応速度は大きくなるが，活性化エネルギーは平衡移動の条件ではないので，平衡は移動しない。